

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 196 24 331 A 1

51 Int. Cl.⁸:
B 60 T 8/32
B 60 T 8/60

21 Aktenzeichen: 196 24 331.9
22 Anmeldetag: 19. 6. 96
43 Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 196 24 331 A 1

71 Anmelder:
ITT Automotive Europe GmbH, 60488 Frankfurt, DE

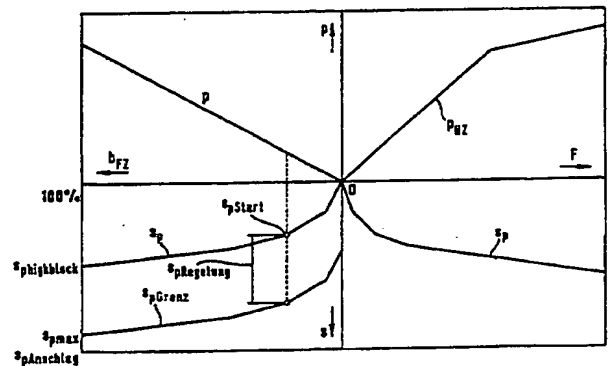
72 Erfinder:
Feigel, Hans-Jörg, Dr., 61191 Rosbach, DE; Bayer,
Ronald, 63165 Mühlheim, DE; Jungbecker, Johann,
55576 Badenheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 43 34 838 A1
DE 31 09 372 A1
DE 25 27 471 A1
US 47 90 607

54 Hydraulische Kraftfahrzeugbremsanlage mit Blockierschutzregelung und Schaltungsanordnung für eine solche Bremsanlage

57 Eine hydraulische Bremsanlage mit elektronischer Blockierschutzregelung enthält als wesentliche Bestandteile einen pedalbetätigten Bremsdruckgeber (1), elektrisch betätigbare Einlaß- und Auslaßventile (EV₁ bis EV_n, AV₁ bis AV_n), Radsensoren (S1 bis S4) und eine elektronische Regelschaltung (6). Der Bremsdruckgeber (1) ist mit einem oder mit mehreren Wegsensoren (5) zur direkten oder indirekten Erfassung des Pedalwegs (S) ausgerüstet. In Abhängigkeit von der aktuellen Fahrssituation, der Bremssituation und dem Pedalweg (S) wird die Blockierschutzregelung von einem Standard-Regel-Modus in einen Sicherheits-Regel-Modus, der im wesentlichen nur noch einen Bremsdruckabbau an den Hinterrädern während eines Blockierschutz-Regelvorganges zuläßt, umgeschaltet. Es wird in Abhängigkeit von der Fahrssituation und der Bremssituation ein Grenzwert (S_{pGrenz}) des Pedalvorschubs ermittelt, bei dessen Überschreiten die Umschaltung in den Sicherheits-Regel-Modus erfolgt.



DE 196 24 331 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine hydraulische Kraftfahrzeugbremsanlage mit elektronischer Blockierschutzregelung, mit einem pedalbetätigten Bremsdruckgeber, mit elektrisch betätigbaren, in den Druckmittelwegen eingefügten Druckmittel-Einlaßventilen und -Auslaßventilen, mit denen der Druckmittelzufluß in die Radbremsen der einzelnen Räder sowie der Druckmittelabfluß in einen Druckausgleichsbehälter der Bremsanlage individuell steuerbar sind, mit Radsensoren zur Ermittlung des Drehverhaltens der Räder sowie mit einer elektronischen Regelschaltung zur Auswertung der Sensorsignale, zur Erfassung der Fahrsituation und zur Erzeugung von Bremsdrucksteuersignalen.

Eine Schaltungsanordnung für eine Bremsanlage mit elektronischer Blockierschutzregelung gehört ebenfalls zur Erfindung.

Blockiergeschützte Bremsanlagen oder Antiblockiersysteme (ABS) gibt es in großer Typenvielfalt. Besonders bewährt haben sich hydraulische Systeme, bei denen an einen mehrkreisigen Bremsdruckgeber oder Hauptzylinder die Radbremsen der einzelnen Räder über elektrisch betätigbare Hydraulikventile angeschlossen sind. Im Druckmittelweg vom Hauptzylinder zur Radbremse sitzt ein in der Grundstellung auf Durchlaß geschaltetes Einlaßventil, das in der Konstanthalte- oder Druckabbauphase auf Sperren umgeschaltet wird. Ein in der Ruhestellung gesperrtes, auf Durchlaß umschaltbares Auslaßventil befindet sich in einer Rückflußleitung, die von der Radbremse zum Niederdruckspeicher oder — bei den offenen Systemen — zu dem Druckausgleichsbehälter der Bremsanlage führt. Zur Rückführung des in der Druckabbauphase abgeleiteten Druckmittels wird je nach System eine Rückförderpumpe (bei geschlossenen Systemen) oder eine aus dem Druckausgleichsbehälter in die Bremskreise fördernde Hydraulikpumpe (bei offenen Systemen) verwendet.

Die Verringerung des Herstellungsaufwandes für solche Antiblockiersysteme (ABS) durch Vereinfachung der Systeme und Komponenten, geschickten Aufbau der hydraulischen Bremskreise, durch Verzicht auf Komponenten und durch Übertragung von Funktionen auf die zugehörige Elektronik ist seit langem Gegenstand intensiver Entwicklung. Diesen Bemühungen sind grundsätzlich dadurch Grenzen gesetzt, daß von einer Bremsanlage auch unter ungünstigen, selten auftretenden Umständen äußerst hohe Zuverlässigkeit erwartet wird. Eine "Erschöpfung" des für ein effektives Bremsen erforderlichen Druckmittelvolumens — als Folge von häufigem, lange andauerndem Druckabbau auf glatter Fahrbahn oder von schnell sich ändernden Fahrbahnbedingungen — muß natürlich vermieden werden, um die Bremsenfunktion aufrechtzuerhalten.

Ein wichtiger Kostenfaktor solcher Antiblockiersysteme stellt die Hydraulikpumpe mit dem zugehörigen elektromotorischen Antrieb dar. Es wurde daher bereits vorgeschlagen, ein pumpenloses ABS zu verwirklichen. Ein Beispiel hierfür ist die aus der DE 31 09 372 A1 bekannte Bremsanlage, die vorsieht, das zur Blockierschutzregelung über die Auslaßventile abgeführte Druckmittel in einem Niederdruckspeicher aufzunehmen, aus dem es dann nach dem Lösen der Bremse in die Bremskreise zurückfließen kann. Dieses bekannte System enthält zwei Bremskreise mit diagonalen Bremskreisaufteilung, bei dem jeder Bremskreis mit einer gemeinsamen Einlaß-/Auslaßventilanordnung und außerdem mit einem weiteren elektrisch umschaltbaren Ein-

laßventil ausgerüstet ist, welches in dem zu der Hinterradbremse führenden Druckmittelweg eingefügt ist. Dieses Einlaßventil ist zum einen in Abhängigkeit von der Blockierschutzregelung und zum anderen lastabhängig in seine Sperrstellung umschaltbar. Eine völlige Unabhängigkeit der Regelung aller Räder ist also nicht gegeben.

Ferner ist aus der DE 43 34 838 A1 (P 7571) eine zweikreisige hydraulische Bremsanlage mit Blockierschutzregelung bekannt, bei der das in der Bremsdruckabbauphase aus den Radbremsen abgeleitete Druckmittel in Niederdruckspeicher gelangt, die über zwei getrennte Eingänge für den Anschluß eines Hinterrades und eines Vorderrades verfügen. Beim Erreichen eines vorgegebenen Füllgrades des Speichers wird der Druckmittelzufluß aus der Vorderradbremse und damit ein weiterer Druckabbau an der Vorderradbremse gesperrt. Bis zu diesem Zeitpunkt bestehen kaum Einschränkungen der ABS-Funktion, obwohl der Volumendurchsatz mit Hilfe besonderer Regelalgorithmen drastisch reduziert wird. Mit Erkennen eines Blockierens eines Vorderrades, wird eine Umschaltung des Regelalgorithmus für die Hinterachse vorgenommen und ein Blockieren der Hinterachse vermieden (Sicherheits-Regel-Modus). Die Aufrechterhaltung der Bremsenfunktion wird durch die begrenzte Volumenaufnahme der Niederdruckspeicher sichergestellt.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein pumpenloses ABS dieser Art zu entwickeln, das ohne Niederdruckspeicher auskommt und das dennoch, auch in ungünstigen Situationen, die gebotene hohe Funktionssicherheit aufweist.

Es hat sich gezeigt, daß diese Aufgabe mit einer Kraftfahrzeugbremsanlage der im Anspruch 1 beschriebenen Art zu lösen ist, deren Besonderheit darin besteht, daß ein oder mehrere Wegsensoren zur direkten oder indirekten Erfassung des Wegs und/oder der Position des Pedals und/oder von Kolben des Bremsdruckgebers vorhanden sind, daß in Abhängigkeit von der aktuellen Fahr- oder Fahrbahnsituation, der Bremssituation und dem Vorschub oder der Position des Pedals oder des Kolbens die Blockierschutzregelung von einem Standard-Regel-Modus in einen Sicherheits-Regel-Modus umschaltbar ist und daß in dem Sicherheits-Regel-Modus durch die Regelschaltung ein weiterer Bremsdruckabbau in den Vorderradbremsen und ein weiterer Bremsdruckaufbau in den Hinterradbremsen während eines Blockierschutzregelungsvorgangs eingeschränkt, verzögert oder gar gesperrt ist.

Erfindungsgemäß wird also ein pumpenloses ABS auf Basis eines offenen Systems verwirklicht, das einen oder mehrere Pedalwegsensoren umfaßt und das durch Umschalten in einen Sicherheits-Regel-Modus beim Vorliegen bestimmter Bedingungen eine weitgehend "vollkommene" ABS-Regelung ermöglicht und gleichzeitig sicherstellt, daß die Bremsenfunktion auch bei sehr ungünstigen Bedingungen erhalten bleibt.

Nach einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in Abhängigkeit von der aktuellen Fahr(bahn)situation, der Bremssituation und dem Pedalweg ein Grenzwert für den Pedalvorschub ermittelt, wobei beim Überschreiten dieses Grenzwertes die Umschaltung von dem Standard-Regel-Modus in den Sicherheits-Regel-Modus erfolgt.

Der Grenzwert wird zweckmäßigerweise als Funktion der aktuellen Fahrzeugverzögerung unter Berücksichtigung der Volumenaufnahme-Charakteristik der jeweiligen Radbremse vorgegeben. Es ist jedoch auch

möglich und in vielen Fällen vorteilhaft, den Grenzwert des Pedalvorschubs in Abhängigkeit von der Pedalposition beim Einsetzen der Blockierschutzregelung und in Abhängigkeit von einem für die Regelung zur Verfügung stehenden Pedalweg nach der Beziehung

$$Sp_{Grenz} = Sp_{Start} + Sp_{Reg}$$

vorzugeben.

In den Unteransprüchen sind noch weitere, besonders vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung geschildert.

Ferner ist in den Ansprüchen 10—17 eine Schaltungsanordnung für eine Bremsanlage dieser Art angegeben, die grundsätzlich für pumpenlose ABS mit Niederdruckspeicher mit Vorteil eingesetzt werden kann. Diese Schaltungsanordnung könnte auch die Funktionssicherheit eines mit einer Hydraulikpumpe ausgerüsteten ABS erhöhen, z. B. durch Sicherstellen der Bremsenfunktion in extrem ungünstigen Situationen, für die die Hilfsdruckversorgung bzw. die Hydraulikpumpe nicht ausgelegt ist oder nicht ausreicht.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung weiterer Details anhand der beigefügten Abbildungen hervor.

Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung die wichtigsten Komponenten einer blockiergeschützten Bremsanlage nach der Erfindung und

Fig. 2 im Diagramm die Abhängigkeit des Pedalweges und der Pedal-Grenzwerte von der Fahrzeugverzögerung bei einer Bremsanlage nach Fig. 1.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Erfindung gemäß Anspruch 1 besteht die Kraftfahrzeugbremsanlage aus einem Bremsdruckgeber 1, der hier in Form eines Tandem-Hauptzylinders 2 mit vorgeschaltetem, pedalbetätigtem (Pedal 7) Unterdruck-Verstärker 3 ausgebildet ist. Zu der Bremsanlage gehört auch ein Druckausgleichsbehälter 4 und ein Pedalwegsensorm 5.

In den Druckmittelwegen oder Bremskreisen I, II, über die in diagonalen Bremskreisaufteilung die Radbremsen der Vorderräder VL, VR und der Hinterräder, HR, HL angeschlossen sind, befinden sich elektrisch betätigbare, in der Ruhestellung oder Grundstellung auf Durchlaß geschaltete Einlaßventile EV₁ bis EV₄. Über in der Grundstellung geschlossene Auslaßventile AV₁ bis AV₄ sind die Radbremsen der einzelnen Räder VL, VR, HR, HL an den Druckausgleichsbehälter 4 des Bremsdruckgebers 1 angeschlossen. Die dargestellte Bremsanlage benötigt im Gegensatz zu bekannten Antiblockiersystemen dieser Art weder ein Hilfsdruckversorgungssystem noch irgendwelche hydraulischen Speicher.

Jedes Rad VL, VR, HL, HR ist mit einem Radsensor S1 bis S4 ausgerüstet, der in bekannter Weise ein das Drehverhalten des Rades darstellendes Signal an die Eingänge E einer Regelschaltung 6 liefert. Diese Regelschaltung 6 symbolisiert eine festverdrahtete oder — vorzugsweise — eine programmgesteuerte, auf Basis von Mikrocontrollern aufgebaute Schaltungsanordnung, die durch Datenverarbeitung die von den Radsensoren S1 bis S4 gelieferten Radsignale verarbeitet und Bremsdrucksteuersignale erzeugt. Über Ausgänge A sind die einzelnen Einlaß- und Auslaßventile EV₁ bis EV₄ und AV₁ bis AV₄ an die Regelschaltung 6 angeschlossen.

Erfindungsgemäß wird ein "offenes" Hydrauliksystem verwendet, bei dem grundsätzlich ein Druckabbau bzw.

ein Druckmittelabfluß in einen Druckausgleichsbehälter uneingeschränkt möglich ist. Daher ist ein Pedalwegsensorm 5 erforderlich, um den maximal zulässigen Pedalweg bzw. die Aufrechterhaltung eines ausreichenden Restvolumens erkennen zu können.

Der Wegsensor 5 kann vorteilhafterweise zur Vermeidung einer externen Kabelführung in einer an den Hauptzylinder angeflanschten Reglereinheit untergebracht werden. Beispielsweise läßt sich mit Hilfe von Hall-Sensoren der axiale Vorschub des Pedalgestänges oder eines Kolbens magnetisch sensieren, wenn ein solcher Wegsensor in eine entsprechende Ausnehmung in der Wandung des Hauptzylinders eingesetzt wird.

Mit einem solchen offenen System in Verbindung mit dem Wegsensor kann eine Bremsanlage mit besonders hoher Funktionssicherheit realisiert werden. Dies sollen die folgenden Beispiele erläutern:

Ist ein Auslaßventil undicht, so kann dies bei der Bremsanlage nach Fig. 1 wie folgt erkannt werden:

- (1) Die durch Auswertung der Radsensorm-Signale ermittelte Fahrzeugverzögerung wird einer mit einem Toleranzband versehenen Pedalposition zugeordnet. Liegt die mit dem Wegsensor 5 ermittelte Pedalposition außerhalb dieses Toleranzbandes, so liegt ein Fehler im Bremssystem vor. Dieser Fehler kann auch ein schlechter Entlüftungszustand des Bremssystems sein.
- (2) Es werden die Radschlüpfe aller Radbremsen verglichen. Bei einem Kreisausfall weisen die Schlupfwerte der Räder des ausgefallenen Kreises geringere Werte auf.
- (3) Es wird das Einlaßventil der Hinterradbremse geschlossen und folgendes beobachtet:
 - (a) Der Radschlupf des Hinterrades nimmt ab, der Radschlupf des Vorderrades nimmt zu, wenn die Pedalposition weiter erhöht wird, oder:
 - (b) der Radschlupf des Hinterrades bleibt konstant, der Radschlupf des Vorderrades nimmt nicht proportional zu, wenn die Pedalposition weiter erhöht wird, oder:
- (4) trifft (a) zu, so bleibt das Einlaßventil der Hinterradbremse geschlossen und die Warnlampe wird angesteuert. Es wird das Auslaßventil mehrfach betätigt, um einen eventuell vorhandenen Schmutzpartikel auszuspielen. Ist keine Verbesserung zu erzielen, so wird danach das zugehörige Einlaßventil bei jeder Bremsbetätigung geschlossen. Es kann beispielsweise auch eine Dichtmanschette der Radbremse defekt sein. Die Wirkung für den Fahrer wird sein: Er hat ein kürzeres Pedal und kann noch drei Radbremsen betätigen — auch wenn eine Radbremszylinderdichtung ausgefallen ist. Im Unterschied zu einem entsprechenden geschlossenen System, bei dem der Ausfall einer Radbremsendichtung zum totalen Kreisausfall führt, liegen bei diesem System wegen des kürzeren Pedalweges und der besseren Bremswirkung mittels der drei Radbremsen deutlich bessere Bedingungen vor. Daher ist das offene System sicherer als ein entsprechendes geschlossenes Hydrauliksystem.

Entsprechendes gilt für den Fall (b), bei dem dann das Einlaßventil des Vorderrades geschlossen wird. Tritt danach keine Verbesserung des Bremsverhaltens auf, so kann die Hauptzylinderdichtung defekt sein. Es wird die Warnlampe betätigt.

Fig. 2 dient zur Veranschaulichung der prinzipiellen

Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Bremsanlage. Es sind der Druck p_{Hz} in Abhängigkeit von der Pedalkraft F , der Pedalweg oder der Pedalvorschub S in Abhängigkeit von der Fahrzeugverzögerung bfz wiedergegeben. Die Differenz der beiden dargestellten Kurven $S_p = f(bfz)$ und $S_{pGrenz} = f(bfz)$ stellt, wie nachfolgend noch näher erläutert wird, den für die Regelung zur Verfügung stehenden Pedalweg S_{pReg} dar. Außerdem ist der Zusammenhang zwischen der Fahrzeugverzögerung bfz und dem Bremsdruck p angegeben. Der empirisch oder rechnerisch ermittelte Grenzwert des Pedalvorschubs S_{pGrenz} in Abhängigkeit von der Fahrzeugverzögerung ergibt sich durch Berücksichtigung bzw. Addition des für die Blockierschutzregelung zur Verfügung gestellten Pedalweges S_{pReg} . Die der Darstellung zu entnehmende Differenz zwischen S_{pmax} und $S_{pAnschlag}$ berücksichtigt Fertigungstoleranzen, Meßfehler und andere Abweichungen unterschiedlicher Art.

Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Bremsanlage verdeutlichen die folgenden Situations-Beispiele:

1. Anbremsen auf einer Fahrbahn mit homogenem, hohem Reibbeiwert ($\mu_{highhom}$):

Das Bremspedal wird von dem Fahrer mit voller Fußkraft F betätigt. Der durch das Füllen der Radbremsen ansteigende Bremsdruck erreicht Blockierdruckniveau.

Die Blockiertendenz des betreffenden Rades wird aus dem Raddrehverhalten erkannt und führt über die Regelschaltung 6 (Fig. 1) zum Ansteuern und Sperren des betreffenden Einlaßventils EV. Sollte zur Wiederherstellung der Radstabilität Druckabbau erforderlich sein, wird zusätzlich das zugehörige Auslaßventil AV für die errechnete Zeitspanne geöffnet bzw. auf Durchlaß geschaltet.

Es schließt sich in einer Weise eine ABS-Regelung an, die zweckmäßigerweise so ausgelegt ist, daß sie mit möglichst geringem Volumendurchsatz oder Volumenabfluß auskommt — natürlich ohne Beeinträchtigung der Blockierschutzregelung.

Die Bremspedalbewegung während dieses Bremsvorganges wird mit Hilfe des Wegsensors 5 erfaßt und ausgewertet; zweckmäßigerweise ist die zugehörige Elektronik ebenfalls in der Regelschaltung 6 untergebracht.

Solange das Fahrzeug mit maximal möglicher Verzögerung (bfz) abgebremst wird, was in dem vorliegenden Fall eines Bremsvorganges auf homogenem, hohem Reibbeiwert zu erwarten ist, ist lediglich sicherzustellen, daß der Pedalvorschub einen vorgegebenen Maximalwert S_{pmax} nicht überschreitet. Der Vorschub bis zum Anschlag der Hauptzylinderkolben ist im Diagramm nach Fig. 2 mit $S_{pAnschlag}$ bezeichnet. Reduziert man diesen Vorschub bzw. Pedalweg um einen Sicherheitsabstand, der u. a. die Fertigungstoleranzen berücksichtigt, so erhält man den maximal zulässigen Vorschub oder Pedalweg S_{pmax} .

Erreicht der Vorschub bzw. das Pedal bei maximaler Verzögerung diesen Vorschub oder diese Position S_{pmax} , werden erfindungsgemäß Maßnahmen eingeleitet, die bewirken, daß der Druck in den Radbremsen der Vorderräder nicht mehr oder nur noch sehr geringfügig abgebaut wird. Dies wird am einfachsten durch Sperren der Auslaßventil-Ansteuerung oder zumindest durch entsprechende Begrenzung der Ansteuerungszeiten dieser Vorderrad-Auslaßventile erreicht.

Außerdem wird, weil der vorgenannte Grenzwert erreicht ist, die Blockierschutzregelung an den Hinterrädern beschränkt. Es wird nur noch ein Bremsdruckabbau in den Hinterradbremsen zugelassen, um die Fahrstabilität des Fahrzeugs zu gewährleisten. Am einfachsten wird dieses Ziel durch Ansteuerung der Einlaßventile EV, nämlich durch Sperren dieser Einlaßventile erzielt.

Erfindungsgemäß wird also beim Erreichen des Grenzwertes S_{pGrenz} die Blockierschutzregelung von dem Standard-Regelungs-Modus, bei dem eine Bremsdruckabsenkung und Wiedererhöhung sowohl in den Vorderrad- als auch in den Hinterradbremsen zulässig ist, in einen Sicherheits-Regelungs-Modus umgeschaltet. Dieser Sicherheits-Regelungs-Modus erlaubt in erster Näherung nur noch, wie zuvor erläutert, einen ungehinderten Bremsdruckaufbau an den Vorderrädern und Bremsdruckabbau an den Hinterrädern, um sicherzustellen, daß Bremswirkung und Fahrstabilität ohne oder mit höchstens sehr geringem Druckmittelverbrauch herbeigeführt wird.

2. Anbremsen auf einer Fahrbahn mit homogenem, niedrigem Reibbeiwert (μ_{lowhom}):

Der Bremsvorgang beginnt wieder mit einer "normalen" ABS-Regelung; es gilt der Standard-Regelungs-Modus.

Das Fahrzeug kann entsprechend dem geringen Reibbeiwert nur mit geringer Verzögerung bfz abgebremst werden. In den Radbremsen befindet sich entsprechend dem geringen Druck nur relativ wenig Bremsflüssigkeit. Es ist jederzeit mit einem Wechsel auf eine Fahrbahn mit höherem oder maximalen Reibbeiwert (μ_{high}) zu rechnen; dieser höhere Reibbeiwert sollte in jedem Fall ganz oder wenigstens zu einem großen Anteil für den Abbremsvorgang ausgenutzt werden, ohne daß der maximale Pedalweg S_{pmax} überschritten würde. Dies bedeutet, daß das hierfür notwendige Druckmittelvolumen in dem Hauptzylinder bevorratet werden muß. Erfindungsgemäß wird daher die Regelung derart ausgelegt, daß bei einer relativ geringen Fahrzeugverzögerung bfz — siehe Fig. 2 — die ABS-Regelung nicht bis zum Erreichen der maximalen Pedalposition S_{pmax} aufrechterhalten wird. Dies zeigt der Verlauf der Kurve S_{pGrenz} in Abhängigkeit von der Fahrzeugverzögerung bfz in Fig. 2. Die Pedalposition, ab der die ABS-Regelung bei geringen Reibwerten eingeschränkt wird, ist mit S_{pGrenz} bezeichnet. Dieser Wert S_{pGrenz} ist von der aktuellen Fahrzeugverzögerung bfz und von der Volumen-Aufnahmecharakteristik der Radbremsen abhängig; es ergibt sich etwa der in Fig. 2 gezeigte Verlauf.

Rechnerisch kann der Vorschub- bzw. Pedalwertgrenzwert S_{pGrenz} gemäß Fig. 2 wie folgt erfaßt werden:

Der Vorschub bzw. die Pedalposition beim Einsetzen einer Blockierschutzregelung ist mit S_{pStart} bezeichnet. Für die Regelung wird ein zusätzlicher Pedalweg S_{pReg} zur Verfügung gestellt. Dieser Pedalweg entspricht in erster Näherung der Differenz aus dem maximal zulässigen Pedalweg S_{pmax} und der Pedalposition beim Erreichen des Blockierdruckniveaus auf hohem homogenen Reibbeiwert. Dieser Pedalweg ist mit S_{pblock} in Fig. 2 bezeichnet. Für den Pedalgrenzwert S_{pGrenz} gilt also die Beziehung

$$Sp_{Grenz} = Sp_{Start} + Sp_{max} - Sp_{highblock}$$

Die Differenz $Sp_{max} - Sp_{highblock}$ gibt näherungsweise den für die Regelung zur Verfügung gestellten Pedalweg wieder — siehe Fig. 2.

Erreicht der Vorschub die Position Sp_{Grenz} , wird erfindungsgemäß — wie vorher — von dem Standard-Regel-Modus in den Sicherheits-Regel-Modus umgeschaltet. Durch Ansteuerung der Ventile wird sichergestellt, daß praktisch nur noch Bremsdruckaufbau an den Vorderrädern und nur noch Bremsdruckabbau an den Hinterrädern — abgesehen von kleineren Korrekturmaßnahmen — zulässig ist bzw. erfolgt.

Bei gleichbleibend niedrigem Reibbeiwert μ_0 wird das Fahrzeug mit nahezu optimaler Verzögerung unter Erhalt der Lenkfähigkeit und Fahrstabilität abgebremst. Bei deutlich zu geringem Schlupf als Folge des Wechsels auf höheren Reibbeiwert wird bei der erfindungsgemäßen Bremsanlage der Bremsdruck weiter erhöht, an der Vorderachse jedoch nicht mehr oder höchstens in geringem Maße abgebaut.

3. Bremsvorgang auf Fahrbahnen mit unterschiedlichem Reibbeiwert rechts/links (μ_{split}): Anfangs unterliegt die Bremsung wieder dem Standard-Regel-Modus.

Als Folge der μ_{split} -Situation kann das Fahrzeug entsprechend den Reibbeiwerten nur mit mittlerer Verzögerung abgebremst werden. Die Radbremsen sind in unterschiedlichem Maße mit Bremsflüssigkeit gefüllt. Es ist jederzeit mit einem Wechsel auf einen höheren oder gar maximalen Reibbeiwert auf der Fahrbahnseite, auf der momentan der Reibbeiwert gering ist, zu rechnen. Natürlich soll wiederum der höhere Reibbeiwert für die Abbremsung genutzt werden. Dies bedeutet, daß das hierfür notwendige Bremsflüssigkeitsvolumen in dem Hauptzylinder vorhanden sein muß. Erfindungsgemäß wird daher auch in dieser Fahrsituation keine uneingeschränkte ABS-Regelung bis zum maximalen Vorschub Sp_{max} zugelassen.

Für den zulässigen Vorschub gilt wiederum der Grenzwert Sp_{Grenz} . Wie Fig. 2 zu entnehmen ist, führt die Fahrzeugverzögerung bzw. die im Vergleich zu einem Bremsvorgang auf geringem Reibbeiwert (μ_{low}) höher ist, zu einem höheren zulässigen Vorschub- bzw. Pedalweg-Grenzwert Sp_{Grenz} . Die zuvor im Zusammenhang mit einem Bremsvorgang auf geringem Reibbeiwert (μ_0) beschriebene Berechnung des zulässigen Pedalweg-Grenzwertes Sp_{Grenz} gilt auch für die vorliegende μ_{split} -Situation. Beim Erreichen der zulässigen Pedalposition Sp_{Grenz} wird wiederum, wie zuvor beschrieben, von dem Standard-Regel-Modus auf den Sicherheits-Regel-Modus umgeschaltet.

Bei gleichbleibend unterschiedlichem Reibbeiwert rechts/links wird das mit der erfindungsgemäßen Bremsanlage ausgerüstete Fahrzeug mit fast optimaler Verzögerung unter Erhalt der Lenkfähigkeit und der Fahrstabilität bis zum Stillstand abgebremst. Wird als Folge eines Wechsels auf höheren Reibbeiwert ein deutlich zu geringer Bremsschlupf festgestellt, wird der Bremsdruck an der Vorderachse weiter erhöht, kann dann jedoch nicht mehr abgebaut werden.

Bei Verwendung einer Bremsanlage mit einem Tan-

dem-Hauptzylinder ist es grundsätzlich möglich, mit Hilfe von individuellen Wegsensoren die Bewegung beider Kolben zu erfassen und auszuwerten. Es wird dann für jeden Kolben individuell ein Vorschub-Grenzwert Sp_{Grenz} ermittelt, der für den Übergang bzw. die Umschaltung von einem Standard-Regel-Modus auf einen Sicherheits-Regel-Modus maßgeblich ist.

In vielen Fällen wird es jedoch ausreichend und aus Ersparnisgründen zweckmäßig sein, lediglich den Vorschub des Druckstangenkolbens eines Tandem-Hauptzylinders mit Hilfe des Wegsensors 5 (Fig. 1) zu erfassen. Ein unterschiedlicher Volumenverbrauch in den beiden Bremskreisen des Tandem-Hauptzylinders läßt sich natürlich allein auf Basis der Vorschubmessung des Druckstangenkolbens nicht bestimmen. Deshalb kann durch Erfassen und Auswerten der Ventilschaltzeiten, insbesondere der Durchlaß-Zeitspannen der Einlaßventile EV, während eines Blockierschutz-Regelvorganges der unterschiedliche Volumenverbrauch näherungsweise ermittelt werden. Durch einen höheren Sicherheitszuschlag bei der Berechnung oder empirischen Ermittlung des Grenzwertes Sp_{Grenz} kann in diesem Fall der maximal möglichen Abweichung des Schätzwertes von dem tatsächlichen Wert Rechnung getragen werden und damit der mögliche Fehler ausgeglichen werden.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß eine Schaltungsanordnung der hier beschriebenen Art, die die Ermittlung und Berücksichtigung eines maximal zulässigen Pedalgrenzwertes Sp_{Grenz} zu läßt und eine Umschaltung von einem Standard-Regel-Modus in einen Sicherheits-Regel-Modus beim Erreichen oder Überschreiten dieses Grenzwertes zur Folge hat, auch für blockiergeschützte Bremsanlagen, die mit einer Hydraulikpumpe und/oder mit Druckspeichern ausgerüstet sind, von Vorteil sein könnte. Durch solche Maßnahmen ließe sich in speziellen Fällen die Funktionssicherheit der Bremsanlage ohne nennenswerten zusätzlichen Herstellungs- bzw. Fertigungsaufwand erhöhen.

Patentsprüche

1. Hydraulische Kraftfahrzeugbremsanlage mit elektronischer Blockierschutzregelung, mit einem pedalbetätigten Bremsdruckgeber, mit elektrisch betätigbaren, in den Druckmittelwegen eingefügten Druckmittel-Einlaßventilen und -Auslaßventilen, mit denen der Druckmittelzufluß in die Radbremsen der einzelnen Räder sowie der Druckmittelabfluß in einen Druckausgleichsbehälter der Bremsanlage individuell steuerbar sind, mit Rad Sensoren zur Ermittlung des Drehverhaltens der Räder sowie mit einer elektronischen Regelschaltung zur Auswertung der Sensorsignale, zur Erfassung der Fahrsituation und zur Erzeugung von Bremsdrucksteuersignalen, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Wegsensoren (5) zur direkten oder indirekten Erfassung des Wegs und/oder der Position des Pedals (7) und/oder von Kolben des Bremsdruckgebers (1) vorhanden sind, daß in Abhängigkeit von der momentanen Fahr- oder Fahrbahnsituation, der Bremssituation und dem Vorschub oder Position des Pedals (7) oder der Kolben die Blockierschutzregelung von einem Standard-Regel-Modus in einen Sicherheits-Regel-Modus umschaltbar ist und daß in dem Sicherheits-Regel-Modus durch die Regelschaltung (6) ein Bremsdruckabbau in den Radbremsen der Vorderräder (VL, VR) und/oder ein Bremsdruckaufbau in

den Radbremsen der Hinterräder (HL, HR) während eines Blockierschutzregelungsvorgangs eingeschränkt, verzögert oder gesperrt ist.

2. Kraftfahrzeugbremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (6) in Abhängigkeit von der momentanen Fahr- oder Fahrbahnsituation und Bremsituation einen Grenzwert (S_{pGrenz}) des Pedalvorschubs ermittelt und daß beim Überschreiten dieses Grenzwertes (S_{pGrenz}) die Umschaltung von dem Standard-Regel-Modus in den Sicherheits-Regel-Modus erfolgt.

3. Kraftfahrzeugbremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzwert (S_{pGrenz}) des Pedalvorschubs in Abhängigkeit von der Pedalposition (S) beim Einsetzen der Blockierschutzregelung (S_{pStart}) und von einem für die Regelung zur Verfügung stehenden Pedalweg (S_{pReg}) nach der Beziehung

$$S_{pGrenz} = S_{pStart} + S_{pReg}$$

vorgegeben wird.

4. Kraftfahrzeugbremsanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der für die Regelung zur Verfügung stehende Pedalweg (S_{pReg}) aus der Differenz zwischen dem maximal zulässigen Pedalvorschub (S_{pmax}) und dem Pedalweg ($S_{pHighblock}$) bei maximaler Verzögerung des Fahrzeugs ermittelbar ist.

5. Kraftfahrzeugbremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzwert des Pedalvorschubs (S_{pGrenz}) als Funktion der aktuellen Fahrzeugverzögerung (bfz) unter Berücksichtigung der Volumenaufnahme-Charakteristik der jeweiligen Radbremse vorgegeben ist.

6. Kraftfahrzeugbremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß, solange der Grenzwert (S_{pGrenz}) des Pedalweges oder der Pedalposition überschritten ist, ein Druckmittelabfluß über die Auslaßventile ($AV_{1,4}$) der Vorderradbremse gesperrt oder nur bis zu einem begrenzten Betrag zugelassen ist.

7. Kraftfahrzeugbremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß, solange der Grenzwert (S_{pGrenz}) des Pedalweges oder der Pedalposition überschritten ist, ein Druckmittelzufluß über die Einlaßventile ($EV_{2,3}$) der Hinterradbremse verhindert oder auf einen vorgegebenen Wert begrenzt wird.

8. Zweikreisige Kraftfahrzeugbremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, mit einem Tandem-Hauptzylinder als Bremsdruckgeber, dadurch gekennzeichnet, daß ausschließlich ein Wegsensor (5) zur Erfassung des Vorschubs und/oder der Position (S) des Druckstangenkolbens vorgesehen ist, und daß zur näherungsweisen Ermittlung von unterschiedlichem Druckmittel-Volumenverbrauch in den beiden Hydraulikkreisen (I, II) der Bremsanlage die Ansteuerungszeiten der Einlaßventile ($EV_{1,4}$) während eines geregelten Bremsvorganges erfaßt und ausgewertet werden.

9. Zweikreisige Bremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, mit einem Tandem-Hauptzylinder als Bremsdruckgeber, dadurch gekennzeichnet, daß beide Kolben des Tandem-Hauptzylinders mit Wegsensoren ausgerüstet sind und daß für jeden Bremskreis ein individueller Vorschub-Grenzwert (S_{pGrenz}) ermittelbar ist.

10. Schaltungsanordnung für eine Bremsanlage mit elektronischer Blockierschutzregelung, mit Rad-sensoren und mit Pedalwegsensoren, mit elektronischen Schaltungen zur Auswertung der Sensorsignale und zur Erzeugung von Bremsdrucksteuersignalen, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von der aktuellen Fahr- oder Fahrbahnsituation und von der Bremsituation ein Grenzwert (S_{pGrenz}) für den Vorschub oder die Position des Pedals (7) oder einer entsprechenden Meßgröße ermittelt wird und daß beim Überschreiten des Grenzwertes (S_{pGrenz}) die Blockierschutzregelung von einem Standard-Regel-Modus in einen Sicherheits-Regel-Modus umgeschaltet wird, wobei in dem Sicherheits-Regel-Modus ein (weiterer) Bremsdruckabbau in den Vorderradbremse und/oder ein weiterer Bremsdruckaufbau in den Hinterradbremse während des Blockierschutzregelungsvorgangs eingeschränkt, verzögert oder verhindert wird.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Sicherheits-Regelungs-Modus, solange der Pedalweg (S) über dem Grenzwert (S_{pGrenz}) liegt, aufrechterhalten wird.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzwert (S_{pGrenz}) des Pedalvorschubs (S) in Abhängigkeit von der Pedalposition beim Einsetzen der Blockierschutzregelung (S_{pStart}) und von einem für die Regelung zur Verfügung stehenden Pedalweg (S_{pReg}) nach der Beziehung

$$S_{pGrenz} = S_{pStart} + S_{pReg}$$

vorgegeben wird.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der für die Regelung zur Verfügung stehende Pedalweg (S_{pReg}) aus der Differenz zwischen dem maximal zulässigen Pedalvorschub (S_{pmax}) und dem Pedalweg bei maximaler Fahrzeugverzögerung ermittelt wird.

14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzwert (S_{pGrenz}) als Funktion der aktuellen Fahrzeugverzögerung (bfz) unter Berücksichtigung der Volumenaufnahme-Charakteristik bzw. -kennlinie der jeweiligen Radbremse vorgegeben wird.

15. Schaltungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10–14, dadurch gekennzeichnet, daß programmgesteuerte oder festverdrahtete Schaltkreise vorhanden sind, die die momentane Pedal- und/oder Kolbenposition mit der aus dem Drehverhalten der Räder abgeleiteten Fahrzeug-Verzögerung vergleichen und die das Überschreiten vorgegebener Grenzwerte bzw. eines vorgegebenen Toleranzbandes als Kriterium zum Erkennen einer Undichtigkeit oder eines schlechten Entlüftungszustandes der Bremsanlage auswerten.

16. Schaltungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10–15, dadurch gekennzeichnet, daß programmgesteuerte oder festverdrahtete Schaltkreise vorhanden sind, die die Radschlupfwerte der an verschiedenen hydraulischen Bremskreisen angeschlossenen Räder vergleichen und die das Auftreten von Radschlupfdifferenzen, die auf eine Undichtigkeit eines Bremskreises oder auf einen schlechten Entlüftungszustand hinweisen, signalisieren.

17. Schaltungsanordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10—16, dadurch gekennzeichnet, daß programmgesteuerte oder festverdrahtete Schaltkreise vorhanden sind, die das Auftreten und/oder die Änderung des Radschlupfes in Abhängigkeit von der Ventilansteuerung ermitteln und auswerten und die, wenn ein für das Vorhandensein von Schmutzpartikeln typisches Verhalten vorliegt, durch mehrfaches, kurzzeitiges Ansteuern der zugehörigen Auslaßventile ein Ausspülen der Schmutzpartikel herbeiführen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

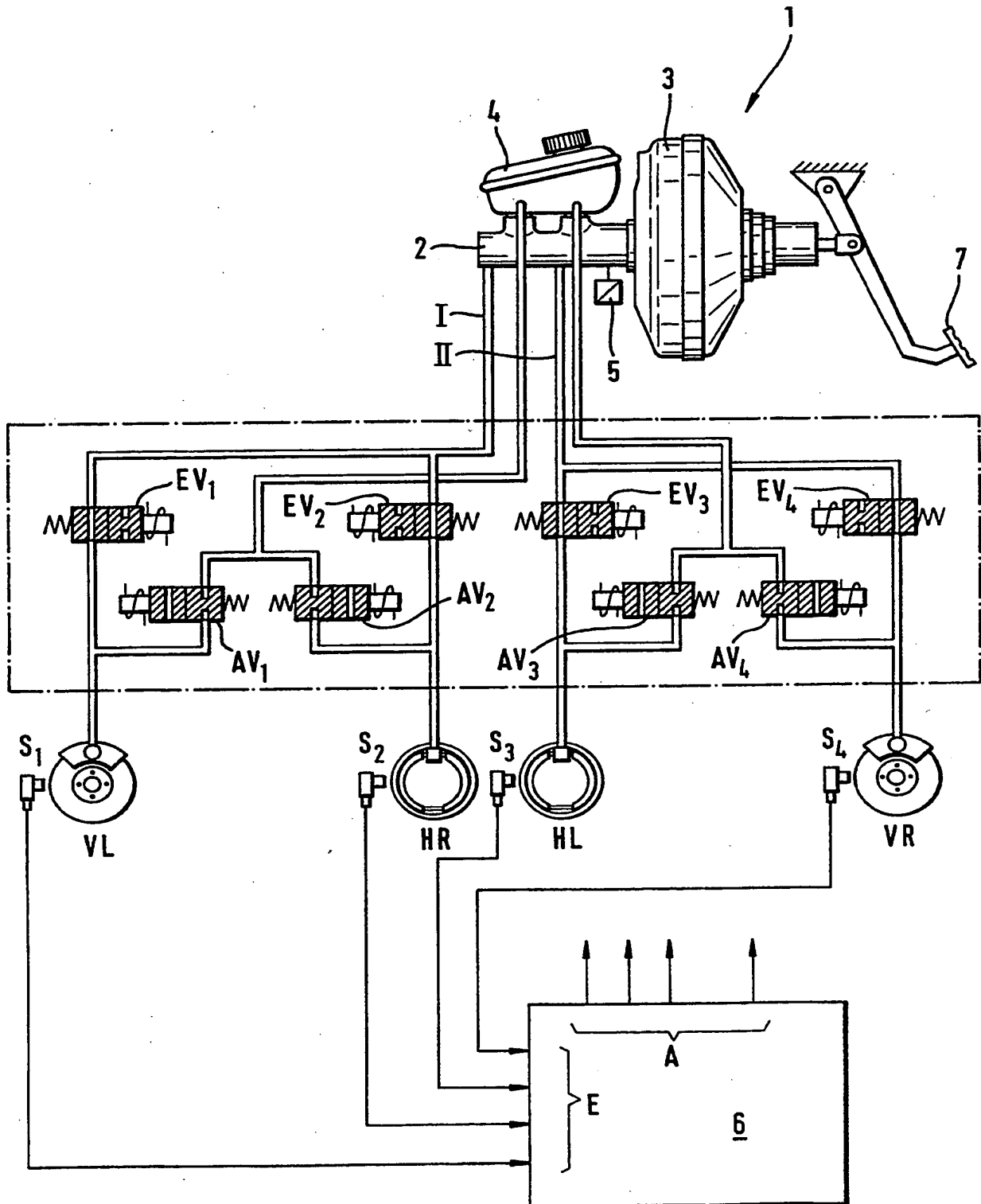


Fig. 1

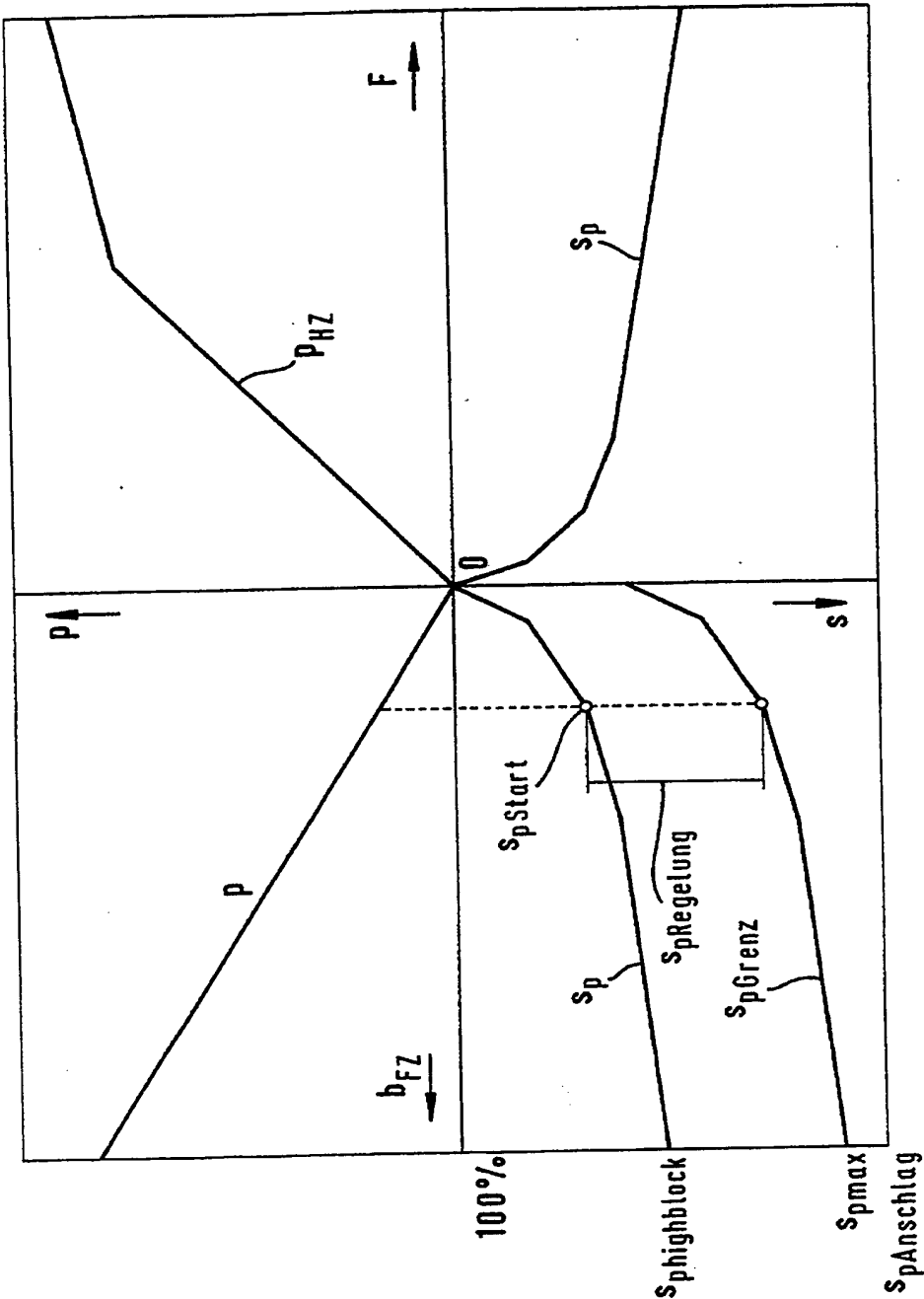


Fig. 2